

12. Яичников, И. К. Приоритеты рекреационного стиля жизни современного студента / И. К. Яичников, А. А. Ефимов, И. Л. Бондарчук // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 2. – С.18–20.  
УДК 797.122.3

## **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ СКОРОСТНО-СИЛОВОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ГРЕБЦОВ-КАНОИСТОВ**

### **PEDAGOGICAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND APPLICATION OF SMART MEASURING DEVICES PROVIDING FEEDBACK WHICH USED FOR EVALUATION AND CONTROL OF SPEED AND POWER PREPAREDNESS OF CANOEISTS**

**Лукашевич Д. А.**

РИУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», г. Минск

**АННОТАЦИЯ.** В статье отражены ключевые моменты технических и функциональных возможностей интеллектуальных измерительных устройств с обратной связью, реализация которых при проектировании позволит разрабатывать востребованные мобильные аппаратно-программные средства для контроля скоростно-силовой подготовленности гребцов-каноистов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гребля; скоростно-силовая подготовленность; интеллектуальные измерительные устройства; педагогические требования; обратная связь.

**ABSTRACT.** This article contains of the key points of the technical and functional capabilities of smart measuring devices with feedback, the implementation of which during the design will allow the development of demanded mobile hardware and software to control the speed-strength readiness of rowers-canoeists.

**KEYWORDS:** rowing; speed and strength preparedness; smart measuring devices; pedagogical requirements; feedback.

**Введение.** Структура тренировочного процесса профессиональных гребцов постоянно подвержена изменениям, без которых невозможно сохранять конкурентоспособность на фоне неуклонного роста спортивных результатов. Тенденция к повышению эффективности тренировочного процесса требует внедрения и совершенствования новых технических средств, обеспечивающих объективный контроль за подготовленностью спортсменов в гребных видах спорта. Применение инструментальных средств нового поколения крайне востребован в обосновании и подборе инновационных методик тренировок, грамотного планирования и дозирования нагрузок различного характера и направленности [7].

Современные средства и методы комплексного контроля подготовленности спортсменов позволяют осуществлять обратные связи между тренером и

спортсменом и на этой основе повышать уровень управленческих решений в тренировочном процессе [1]. Целью контроля является оптимизация процесса подготовки на основе объективной оценки различных сторон подготовленности спортсмена. Оперативное управление осуществляется по показателям, характеризующим состояние систем, несущих основную нагрузку при выполнении соответствующих упражнений. Эффективность оперативного управления тренировочным процессом во многом зависит от наличия технических средств и их функционала, которые позволяют регистрировать основные динамические, кинематические и энергетические характеристики движений, а также биоэлектрическую активность мышц. Поскольку в разные периоды подготовки задействованы различные тренировочные средства, необходимо использовать соответствующее оборудование, которое будет удовлетворять требованиям получения информативных показателей с высокой степенью надежности в различных условиях тренировки (на специальных гребных тренажерах или в лодке).

**Основная часть.** Для регистрации показателей, описывающих кинематику движений системы спортсмен-лодка, в настоящее время широко используются измерительные системы, построенные на основе магнито-инерциальных датчиков, которые позволяют исследовать движения человека на основе анализа кинематических (пространственных, временных, пространственно-временных) и энергетических характеристик (мощность движений) [8]. По этим данным рассчитывают ряд производных параметров, среди которых можно выделить: моменты времени, связанные с началом или окончанием движения; цикловую и фазовую идентификацию движений; темпо-ритмические характеристики; параметры, связанные с оценкой трехмерной ориентации датчиков относительно выбранной системы отсчета, что важно при получении информации об абсолютной ориентации сегментов тела или по отношению друг к другу; линейные и угловые скорости и ускорения; динамические параметры, которые рассчитываются на основе массивов данных линейных и угловых скоростей и ускорений, однако их точность и надежность напрямую зависят от точности оценки этих переменных, что само по себе является достаточно трудоемкой задачей [18].

Основной проблемой большинства таких систем является валидность измерений, которая в большинстве случаев ничем не подтверждается [8].

Кроме того, анализ гребных локомоций в условиях естественной управляющей среды осуществляется одновременно в воздушной и водной средах, что предъявляет дополнительные требования к гидроизоляционной защищенности контрольно-измерительных систем и устройств. Это негативно сказывается на их габаритных размерах и качестве регистрируемых данных [5]. Вследствие этого, основными и широко распространенными инструментальными средствами контроля подготовленности спортсменов-гребцов в естественных условиях гребных локомоций являются: секундомер, высокоскоростная видеокамера, специализированное программное обеспечение видеоанализа движений, а также различные инерционные измерительные системы и технологии, основанные на датчиках глобального позиционирования GPS [15]. Данные, получаемые посредством подобных устройств и систем, описывают исключительно кинематиче-

скую структуру гребных локомоций и носят следственный характер, что не позволяет судить о факторах, обеспечивающих текущую производительность спортсмена. При этом процесс проведения тестирования и обработки полученных результатов достаточно трудоемок, а точность и достоверность полученных данных в значительной степени зависит от квалификации персонала. В случае использования инерционных датчиков – от конструктивных и схемотехнических особенностей, а также сложности программных алгоритмов регистрации [9].

Динамические параметры гребли, характеризующие взаимодействие спортсмена с веслом и водной средой, возможно оценить посредством косвенных измерений массива данных кинематических параметров. Однако такие способы расчетов очень трудоемки и обладают значительной погрешностью. Более объективный и детальный анализ динамических параметров движений веслом в настоящее время основан на использовании крупногабаритных диагностических комплексов и эргометрических тренажеров в лабораторных условиях [20]. Беспроводные методы оценки в арсенале специалистов в настоящее время отсутствуют. Поэтому актуальной задачей для отечественных и мировых разработчиков интеллектуальных технологий в области спорта является создание беспроводных систем оценки динамических параметров гребных локомоций в естественных условиях гребли.

Важно отметить, что в данном направлении на протяжении последних десятилетий работы велись различными исследователями с использованием метода тензометрии с целью оценки динамических параметров, характеризующих выполнение соревновательного упражнения, а также отдельных его элементов [2, 6, 19–22]. Одно из первых упоминаний применения тензометрических систем в гребле на байдарках и каноэ датируется 1987 г. в докторской диссертации Иссурина В. Б. Однако системы, используемые в такого рода исследованиях, достаточно громоздки, анализ массива полученных данных трудоемок и требует значительных временных затрат, что не позволяет внедрять подобные средства в практику подготовки спортсменов. На сегодняшний день в арсенале специалистов нет измерительных систем, позволяющих непосредственно регистрировать силовую составляющую в гребковых локомоциях.

В то же время в литературе появляются сведения об использовании компактных беспроводных датчиков на базе микропроцессоров и аналого-цифровых преобразователей, не влияющих (либо незначительно) на эргономические свойства весла и не оказывающих дискомфорта для спортсмена (минимизация влияния измерительного оборудования на биомеханическую структуру движений спортсмена и системы «спортсмен-весло-лодка»), а также позволяющих регистрировать данные в условиях, приближенных к соревновательным [17]. Наиболее перспективным направлением в спорте для решения задачи оценки динамических параметров гребка, на наш взгляд, является метод тензометрии, схемотехнически реализуемый на базе интеллектуальных сенсорных систем, («sensor» – с англ. «датчик»), основанных на технологиях MEMS. Это позволяет добиться минимизации габаритных размеров и массы конструкции, а также обеспечить беспроводную высокочастотную регистрацию и передачу данных [4, 13, 16]. Как правило, в состав интеллектуальных датчиков входит чувствительный

элемент, аналого-цифровая схема, аналого-цифровой преобразователь, микропроцессор (выполнение арифметических и логических функций, управление данными и т. д.), а также различные шины передачи данных между компонентами системы. Подобная структура обеспечивает не только регистрацию и преобразование относительных величин механического воздействия на чувствительный элемент в электрических сигнал, но и его первичную обработку и конвертацию в цифровой и графический вид в режиме реального времени. Благодаря же достаточно высокой частоте регистрации ( $\leq 200$  Гц) и высокой чувствительности используемых первичных преобразователей, возможно до мельчайших подробностей анализировать получаемые данные [3].

Для регистрации параметров биоэлектрической активности мышц в настоящее время широко используется метод поверхностной беспроводной электромиографии, применение которого имеет высокую практическую значимость с точки зрения оценки рациональности нервно-мышечной деятельности в процессе скоростно-силовой работы, характеризующейся оптимальностью напряжения, длительностью и последовательностью возбуждения мышц. Высокий уровень прикладности данного подхода (можно использовать как в лабораторных условиях, так и естественных условиях выполнения основного соревновательного упражнения) обеспечивается благодаря наличию интерфейсов беспроводной передачи данных, малыми габаритными размерами (эти две особенности в совокупности позволяют минимизировать влияние на структуру движений спортсмена), высокой частотой регистрации данных (до 4000 Гц) и возможностью синхронизации со сторонними измерительными системами (в частности, видеоанализа, что позволяет совокупно оценивать движение по внешним и внутренним признакам).

Еще одним важным требованием, предъявляемым ко всем измерительным устройствам, которые прикрепляются к спортсмену или инвентарю, является надежное крепление с целью предотвращения изменения положения чувствительного элемента (например, электроды электромиографического датчика, тензорезисторы интеллектуального датчика на весло и т. д.). Их смещение приведет к искажению регистрируемых показаний и, как следствие, таким данным нельзя доверять и использовать для анализа. Кроме того, говоря о электромиографических датчиках, нельзя забывать о процедурах подготовки к тестированию, которые предполагают предварительную обработку поверхности кожи в том месте, куда должен быть прикреплен датчик, а также правильное его позиционирование (строго вдоль направления сокращения мышечных волокон) и расположение (в области наиболее высоких значений сигнала биоэлектрической активности мышц – брюшко мышцы).

Важной опцией современных измерительных технологий является наличие контура обратной связи, реализуемого либо с помощью звуковых, либо визуальных, либо аудиовизуальных сигналов. Важность обратной связи обусловлена необходимостью для спортсмена овладеть способностью саморегуляции для полной реализации своего двигательного потенциала. Измерительные средства с обратной связью являются одной из форм оперативного вмешательства в

тренировочный процесс, путем предоставления объективных измерений физиологических или биомеханических параметров [10–12, 14, 23].

**Заключение.** Обобщая изложенную информацию в целях проектирования востребованных мобильных аппаратно-программных средств с обратной связью для контроля скоростно-силовой подготовленности гребцов-каноистов, педагогические требования должны обеспечивать:

- возможность синхронизации сигналов различных измерительных устройств, реализуемой на аппаратно-программном уровне;

- высокую чувствительность первичных измерительных преобразователей и частоту регистрации данных, от которых зависит качество сигнала и точность измерений;

- надежную систему крепления для предотвращения изменения положения измерительных элементов в процессе выполнения заданий; получение срочной информации для внесения корректирующих поправок в выполнение тренировочного задания;

- отсутствие или минимизацию влияния измерительного оборудования на биомеханическую структуру движений спортсмена и системы «спортсмен-весло-лодка»;

- возможность выделения звуковых или визуальных сигналов понятных и заранее известных спортсмену в удобной для восприятия и понимания форме;

- высокую степень гидроизоляции измерительных элементов без влияния на качество регистрируемого сигнала при выполнении тестовых заданий в естественных условиях гребли.

В вопросах применения мобильных аппаратно-программных в оценке и контроле скоростно-силовой подготовленности гребцов-каноистов педагогические требования должны удовлетворять следующим условиям:

- обеспечивать количественную оценку производительности движений в заданиях близких по структуре к соревновательному упражнению;

- обеспечивать контроль восприятия физических нагрузок при выполнении упражнения на фоне протекающих процессов утомления;

- обеспечивать рациональность нервно-мышечной деятельности в процессе скоростно-силовой работы, характеризующейся оптимальностью напряжения, длительностью и последовательностью возбуждения мышц с сохранением целевой мощности в рамках строго определенной структуры движений.

## Список литературы

1. Андреева, О. В. Программирование тренировочного процесса квалифицированных лыжников-гонщиков на основе комплексного контроля: автореферат дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / О. В. Андреева; Ур. гос. акад. физ. культуры. – Челябинск, 2000. – 20 с.

2. Анциперов, В. В. Технология тензометрического измерения в спорте: монография. – Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2013. – 129 с.

3. Интеллектуальные сенсорные системы. Под редакцией Дж. К. М. Мейджера. При поддержке ОАО «Авангард», пер. с англ. под ред. д. т. н., проф. В. А. Шубарева. Серия: Мир радиоэлектроники М. – 2008. – 455 с.
4. Кочергин, В. И. Большой англо-русский толковый научно-технический словарь компьютерных информационных технологий и радиоэлектроники: В 9-ти томах. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2016. – Т. 8. – С. 3333.
5. Померанцев, А. А. Биомеханический анализ водных локомоций на основе методики пространственной реконструкции гребка / А. А. Померанцев // Российский журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, № 1. – С. 73–82.
6. Тихонин, В. И. Методы исследования динамических характеристик в прыжках в высоту: метод. пособие. – Волгоград: ВГАФК, 2004. – 32 с.
7. Ashley, K. Sensors in sports: analyzing human movement with AI / K. Ashley, P. Ryan, O. Vigdorovich // MSDN Magazine. – 2018. – Vol. 33, № 4. – P. 28–37.
8. Camomilla, V. Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review / V. Camomilla etc. // Sensors. – 2018. – Vol. 18, iss. 3.
9. Daniel Tik-Pui Fong. The use of wearable inertial motion sensors in human lower limb biomechanics studies: a systematic review / Daniel Tik-Pui Fong, Yue-Yan Chan // Sensors. – 2010. – Vol. 10 iss. 12. – P. 11556–11565.
10. Dupee, M. Managing the stress response: The use of biofeedback and neurofeedback with Olympic athletes / M. Dupee, P. Werthner // Biofeedback. – 2011. – Vol. 39, iss. 3. – P. 92–94.
11. Edmonds, W. A. Case studies in applied psychophysiology: Neurofeedback and biofeedback treatments for advances in human performance / W. A. Edmonds, G. Tenenbaum. – Chichester, WS: Wiley, 2012. – 293 p.
12. Feasibility of eyes open alpha power training for mental enhancement in elite gymnasts / M. K. J. Dekker [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2014. – Vol. 32, iss. 16. – P. 1550–1560.
13. Flammini, A. Advanced interfaces for resistive sensors / A. Flammini, A. Depari // Smart Sensors and MEMs. – 2018. – P. 171–219.
14. Hammond, D. C. What is neurofeedback: An update / D. C. Hammond // Journal of Neurotherapy. – 2011. – Vol. 15, iss. 4. – P. 305–336.
15. Hayden, G. Croft. Developing and applying a tri-axial accelerometer sensor for measuring real time kayak cadence / G. Croft Hayden, C. Ribeiro Daniel // Procedia Engineering. – 2013. – № 60. – P. 16–21.
16. Measurement of the dynamics in ski jumping using a wearable inertial sensor-based system / J. Chardonens [et al.] // J. Sports Sci. – 2014. – № 32. – P. 591–600.
17. Příbramský, M. Tenzometrické snímací silky sledování směn v satizeni lyži / M. Příbramský // Teorie ta praxe telesné výchovy. – 1976. – № 3. – S. 169–174.
18. Sensor fusion and smart sensor in sports and biomedical applications / José Jair Alves Mendes Jr. [et al.] // Sensors. – 2016. – Vol. 16, iss. 10. – P. 1569–1600.
19. Smart sensor system / G. Hunter [et al.] // Nanodevices and Nanomaterials for Ecological Security; ed.: Yuri N. Shunin, Arnold E. Kiv. – Basel, 2012. – P. 205–214.

20. Sperlich, J. Biomechanical testing in elite canoeing / J. Sperlich, J. Baker // 20 International Symposium on Biomechanics in Sports, Cáceres, July 1–5, 2002. – Cáceres, 2002. – P. 44–47.

21. Sperlich, J. Biomechanics of canoe slalom: measuring techniques and diagnostic possibilities / J. Sperlich, J. Klauck // 10 International Symposium on Biomechanics in Sports, Milan, June 15–19, 1992. – Milan, 1992. – P. 82–84.

22. Tullis, S. Detailed on-water measurements of blade forces and stroke efficiencies in sprint canoe / S. Tullis, C. Galipeau, D. Morgoch // Proceedings. – 2018. – Vol. 2. – P. 306–314.

23. Wilson, V. Athletes are different: Factors that differentiate biofeedback/neurofeedback for sport versus clinical practice / V. Wilson, E. Peper // Biofeedback. – 2011. – Vol. 39, iss. 1. – P. 27–30.

УДК 796.022

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКОГО  
«ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ» В ОЦЕНКЕ СЛОЖНЫХ  
ПАРНО-ГРУППОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В АКРОБАТИКЕ**

**POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE TECHNOLOGY OF OPTICAL  
«MOTION CAPTURE» IN THE ASSESSMENT OF DIFFICULT  
PAIR-GROUP EXERCISES IN ACROBATICS**

**Морозевич-Шилюк Т. А., канд. пед. наук, доцент**

Белорусский государственный университет физической культуры, г. Минск

**Ковалёва В. А., Гусейнов Д. И.**

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

**АННОТАЦИЯ.** Специалисты часто обращают внимание на проблему не-объективности оценки техники выполнения двигательных действий со сложной координационной структурой. В настоящей статье представлены возможности использования системы оптического «захвата движений» при анализе техники сложных парно-групповых элементов в акробатике. Обоснована актуальность внедрения данной системы в учебно-тренировочный процесс, показаны преимущества и особенности ее применения в подготовке высококвалифицированных спортсменов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** спортивная акробатика; парно-групповые упражнения; сальто из рук в руки, оптический «захват движений»; количественный анализ, качественный анализ.

**ABSTRACT.** Experts often pay attention to the problem of bias in assessing the implementation of complex coordination exercises in acrobatics. This article presents the capabilities of the optical «motion capture» system in assessing movements with a complex coordination structure in pair acrobatics. The urgency of its implementation